Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik

W ü r z b u r g

Direktor: Professor Dr. med. H. G. Mertens

UNTERSUCHUNG ÜBER DEN EINFLUSS DER FUSIONSOPERATION NACH CLOWARD AUF DIE BEWEGLICHKEIT DER HALSWIRBELSÄULE IN DER SAGITTALEBENE

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Erhard Karmann

aus Memmelsdorf/Ofr.

1980

Würzburg, den 20. Juni 1979

Aus der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik

W ü r z b u r g

Direktor: Professor Dr. med. H. G. Mertens

UNTERSUCHUNG ÜBER DEN EINFLUSS DER FUSIONSOPERATION NACH CLOWARD AUF DIE BEWEGLICHKEIT DER HALSWIRBELSÄULE IN DER SAGITTALEBENE

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Erhard Karmann

aus Memmelsdorf/Ofr.

Würzburg, den 20. Juni 1979

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Werner Grüninger

Korreferent: Prof. Dr. med. K.-A. Bushe

Dekan: Prof. Dr. med. Otto Schrappe

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Februar 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
A.	EINLEITUNG	1
B.	METHODIK UND MATERIAL	3
C.	ERGEBNISSE	8
	1) Einfluß des Alters auf die Gesamtbewegung der Halswirbelsäule in der Sagittalebene	8
	2) Einfluß der Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Gesamtbewegung	8
	3) Beeinflussung der Ante- bzw. Retroflexion durch die Fusionsoperation nach CLOWARD	12
	4) Lage des Bewegungsmaximums bei Ante- und Retroflexion nach der Fusionsoperation nach CLOWARD	18
	5) Einfluß von Lokalisation und Anzahl der Wirbelkörperfusionen auf die Gesamtbewegung	21
	6) Auswirkungen der Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Bewegung in den einzelnen Segmenten der Halswirbelsäule	24

Seite

7) Maximalbewegung und degenerative Veränderungen in den Nachbarsegmenten des Fusionsblocks 27

D. DISKUSSION 34

E. ZUSAMMENFASSUNG 41

F. LITERATURVERZEICHNIS 42

A. EINLEITUNG

In der Diskussion über die Faktoren, welche für die Pathogenese der zervikalen Myelopathie eine Rolle spielen, wird von zahlreichen Autoren der Bewegung der Halswirbelsäule (HWS) eine entscheidende Rolle zugesprochen (REID 1960, WILKINSON 1960, STOLTMANN et al. 1964, ABOULKER 1965, BREIG et al. 1966, PENNING 1966, WALTZ 1967, GUIDETTI 1969, KUHLENDAHL 1969, VERBIEST 1970, ADAMS et al. 1971, GONZALES-FERIA 1975).

Unterschiedliche Auffassung besteht darüber, welchen Anteilen der Bewegung die größte pathomechanische Bedeutung zukommt. So betonen O'CONNEL (1956) sowie REID (1960) und WILKINSON (1960) die bei Vorwärtsbeugung entstehende Anspannung des Rückenmarks und das Heranpressen des Rückenmarks an die dorsalen Exostosen der Wirbelkörper, während TAYLOR (1953), STOLTMANN et al. (1964), WALTZ (1967) in der Rückwärtsneigung die größere Gefahr sehen, weil hierbei der Spinalkanal durch die Vorwölbung des Ligamentum flavum und das Zurückgleiten der Wirbelkörper stark im Querschnitt eingeengt wird.

LENSHOEK (1961), PENNING (1962), SYMON et al. (1967) sehen in dem röntgenologischen Nachweis einer Ein-

engung des Spinalkanals bei Rückwärtsneigung im Myelogramm einen entscheidenden diagnostischen Hinweis. EICKHOFF et al. (1973) haben darüber hinaus den pathologischen Queckenstedt-Versuch bei Dorsalflexion der HWS als weiteren diagnostisch wertvollen Hinweis herausgestellt.
KUHLENDAHL (1969) und ADAMS et al. (1971) sehen in der Bewegung des Rückenmarks in cranio-caudaler Richtung bei Vor- und Rückwärtsneigung der HWS den entscheidenden pathogenetischen Faktor, wenn durch lokale Verklebungen und Verwachsungen der weichen Häute im Bereich der degenerativen Bandscheibenveränderungen diese Bewegung eingeschränkt ist.

Seit CLOWARD (1958) einen vorderen Zugang zur Entfernung der Exostosen an der Rückseite der Wirbelkörper beschrieben hat mit Entfernung der degenerierten Bandscheibe und Fusionierung des Bewegungssegmentes der Wirbelsäule, hat diese Technik der Behandlung der zervikalen Myelopathie eine größere Bedeutung erlangt.

Es liegen bisher nur wenige Untersuchungen darüber vor, welchen Einfluß die Fusionierung von zwei oder

mehreren Wirbelkörpern auf die Gesamtbewegung der Halswirbelsäule hat (JONES 1962, ADAMS et al. 1971, WOESNER 1972).
Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, den Einfluß der Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Bewegung der Halswirbelsäule zu untersuchen.

B. METHODIK UND MATERIAL

Es wurden Funktionsaufnahmen der HWS von 38 Patienten, welche nach der Cloward-Technik operiert worden waren, bei maximaler Vorwärts- und Rückwärtsbeugung ausgemessen. Die Werte wurden mit Funktionsaufnahmen von 33 Kontrollpersonen verglichen, die altersmäßig der operierten Patientengruppe entsprachen. Der größte Teil dieser Patienten hatte osteochondrotische Veränderungen der HWS. Ein weiteres Kontrollkollektiv waren 26 Normalpersonen unter 30 Jahren mit röntgenologisch unauffälliger HWS.
Die Röntgenaufnahmen wurden auf Transparentpapier in der Weise übertragen, daß Wirbelkörper und Dornfortsatz des 7. Halswirbels zur Deckung kamen. Entsprechend der Meßtechnik von Adams und Logue (1971/ I) wurde die

Densspitze mit der hinteren, unteren Kante des 7. Halswirbelkörpers durch eine Gerade verbunden. Der hierbei entstehende Winkel I - II^{o} kennzeichnet das Bewegungsausmaß der HWS (Abb. 1).

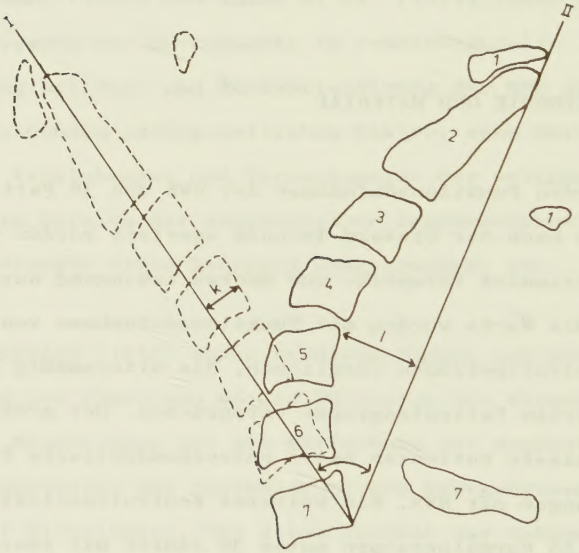


Abb. 1: Schema der Meßtechnik zur Bestimmung des Winkels I-II^{o} und der die Lordose und Kyphose kennzeichnenden Strecken -l- und -k-.

Um den Anteil der Rückwärtsbeugung an der Gesamtbewegung zu ermitteln, wurde ein Lot vom Scheitelpunkt der Bogenlinie der Hinterkante der Wirbelkörper auf die Bogensehne, die Verbindungslinie zwischen 7. Halswirbelkörper (HWK) und Densspitze, gefällt. Diese Strecke -l- wurde als Wert für die Retroflexion bzw. Lordose der HWS gewertet. In analoger Weise wurde bei Anteflexion verfahren. Die Strecke -k- diente als Maß für die Anteflexion bzw. Kyphose (Abb. 1).
Für die Beurteilung der Bewegung in den Einzelsegmenten der HWS wurden die Winkel zwischen der Basis der einzelnen Wirbelkörper bei Vorwärts- bzw. Rückwärtsneigung nach der Methode von Bakke (1931) ausgemessen (Abb. 2).

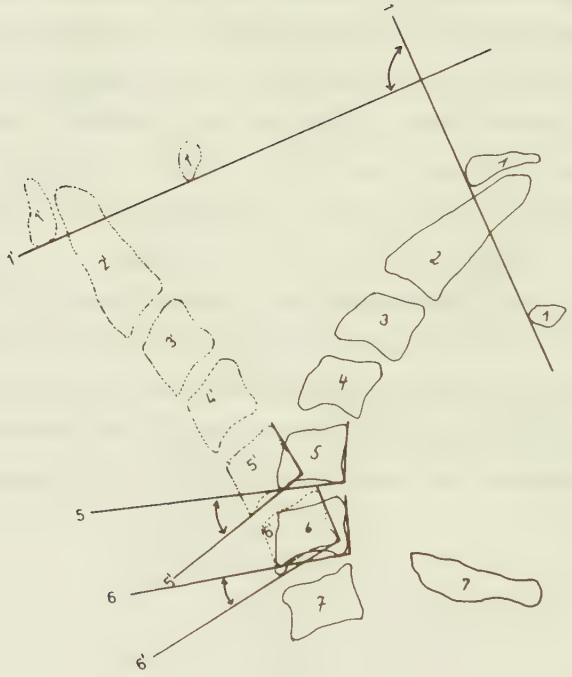


Abb. 2: Meßtechnik nach Bakke

Die Summe der Winkel in den Bewegungssegmenten S_2 - S_6 diente ebenfalls zur Beurteilung der Gesamtbewegung der HWS. Unberücksichtigt blieb bei der Untersuchung die Bewegung zwischen Atlas und Dens, sowie im Atlanto-occipitalgelenk, die als Kopfgelenke gesondert betrachtet werden müssen.

Zum statistischen Vergleich wurde der t-Test modifiziert nach Behrens-Fischer angewandt.

Mit den erhaltenen Meßwerten wurden folgende Fragen untersucht:

1) Besteht eine Altersabhängigkeit der Bewegungseinschränkung?
2) Welchen Einfluß hat die Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Gesamtbewegung der Halswirbelsäule in der Sagittalebene?
3) Besteht ein gleichartiger Einfluß der Fusionsoperation auf die beiden Bewegungsanteile - Anteflexion bzw. Retroflexion - der Gesamtbewegung?
4) Lage des Bewegungsmaximums bei Ante- und Retroflexion nach der Fusionsoperation nach CLOWARD?
5) Welchen Einfluß hat die Lokalisation bzw. die Zahl der Wirbelkörperfusionen auf die Gesamtbewegung?
6) Welche Auswirkungen hat die Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Bewegung in den einzelnen Segmenten der HWS?

7) Besteht ein Einfluß der Fusionsoperation auf die der Fusion unmittelbar benachbarten Bewegungssegmente?

C. ERGEBNISSE

1) Einfluß des Alters auf die Gesamtbewegung

Wurden die 2 Kontrollgruppen betrachtet, so zeigte sich, daß von der älteren Gruppe - 33 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 45,6 Jahren - 25 Personen Zeichen einer mittleren bis schweren Osteochondrose hatten. Diese Gruppe wies eine Gesamtbeweglichkeit von 40,6° auf, während den jugendlichen Kontrollpersonen ohne Osteochondrose, mit einem Altersdurchschnitt von 22,9 Jahren, eine wesentlich höhere Gesamtbewegung möglich war (Abb. 3).

2) Einfluß der Cloward-Operation auf die Gesamtbewegung

Die Fusionierung von zwei oder mehreren Wirbelkörpern mit der Operationstechnik nach CLOWARD bringt für die Gesamtbeweglichkeit der Halswirbelsäule in der Sagittalebene eine erhebliche Einschränkung mit sich. Mit 23,5° für den Winkel I-II° lag das Cloward-Kollektiv deutlich unter dem Wert der beiden Kontrollgruppen (Abb. 3).

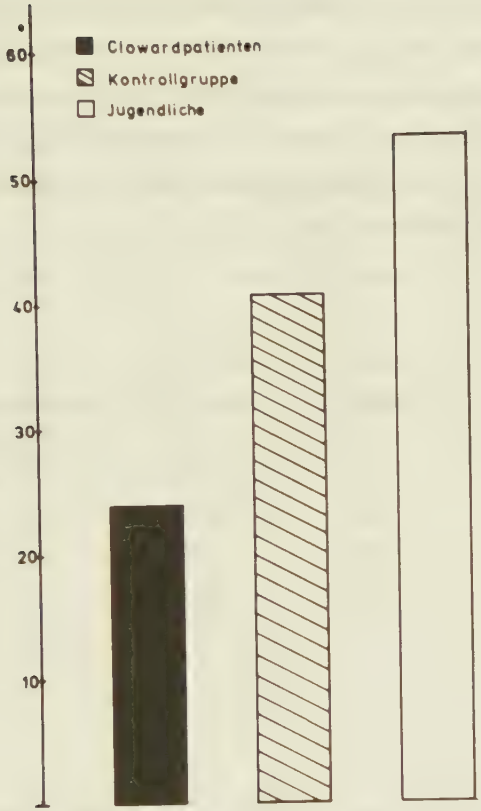


Abb. 3: Maximalbewegung der HWS in der Sagittalebene
Mittelwerte der Winkel I-II°

Vergleicht man die Cloward-Gruppe, die ein Durchschnittsalter von 52,7 Jahren aufwies, mit der älteren Kontrollgruppe, die altersmäßig ähnlich strukturiert war, so besteht für den Winkel I-II° ein signifikanter Unterschied. Wird die Summe der Winkel S_2 - S_6° als Maßstab für die Gesamtbewegung genommen, so kommt man zum gleichen Ergebnis (Tab. 1).

	N	Alter $\bar{x}$	Winkel I-II(0)	Winkelsumme S_2 - S_6 (0)
jugendl. Gruppe	26	22,9 (13-30)	53,3 2 s 38,9-67,7	78,9 2s 55,5-102,4
ältere Gruppe	33	45,6 (31-64)	40,6 2s 16-65,2	59,7 2s 24,1-95,3
Cloward-Pat.	38	52,7 (34-66)	23,5 2 s 5,1-43,3	37,6 2s 10,8-64,4
ält. Gr./Clow. Pat.		t	6,5	5,8

Tab. 1: Gesamtbewegung der HWS in der Sagittalebene. Vergleich der Mittelwerte des Winkels I-II° und der Winkelsumme der Segmente S_2 - S_6. Die Signifikanzgrenze zum Niveau 1 % liegt bei t = 2,66 zum Niveau 5 % bei t = 2,00 für die vorliegende Fallzahl.

Die prozentuale Aufteilung der verschiedenen Gruppen, aufsteigend nach der Beweglichkeit der HWS, zeigt, daß bei 21 % - 8 operierte Patienten - eine Einschränkung der Gesamtbeweglichkeit auf unter 15° eingetreten war. Kein Patient erreichte eine Beweglichkeit über 45°. Bei der jugendlichen Normalgruppe hatte nur ein Patient eine geringere Bewegungsmöglichkeit als 35°, während 9 Personen -35 %- eine Gesamtbewegung von über 55° aufwiesen.
12 % der älteren Kontrollgruppe erreichten eine Beweglichkeit über 45°, kein Patient war auf einen Wert unter 15° eingeschränkt (Abb. 4).

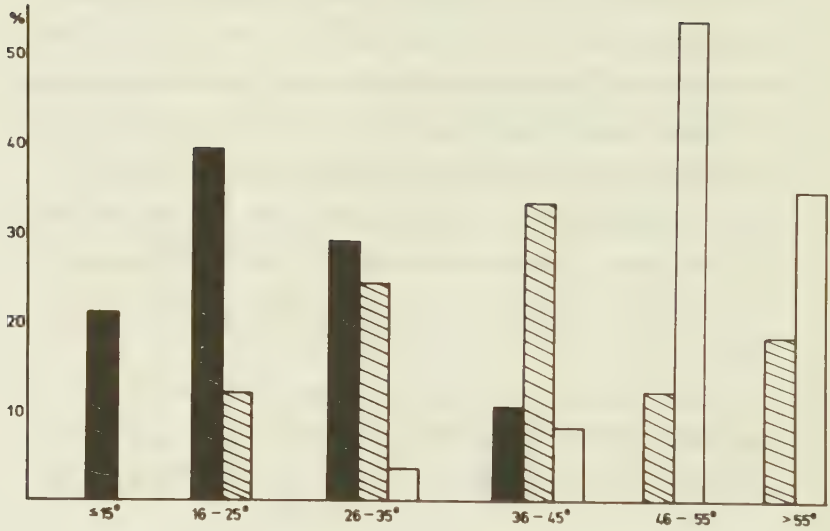


Abb. 4: %-Verteilung von Cloward-Patienten ■ , älterer Kontrollgruppe ▨ und jüngerer Gruppe □ in Bezug auf die Gesamtbewegung - Winkel I-II° - der HWS in der Sagittalebene.

3) Beeinflussung von Ante- bzw. Retroflexion

Bei der Analyse der maximalen Bewegung der HWS in der Sagittalebene, im Hinblick auf den Anteil der Anteflexion und Retroflexion, findet sich ein deutliches Überwiegen der Retroflexion. Das Lot -l- vom Scheitel des Bogens, den die Hinterkanten der

Wirbelkörper untereinander bilden, auf die Verbindungslinie von der Unterkante des 7. Halswirbelkörpers zur Densspitze, betrug im Mittel bei den Jugendlichen 16,5 mm, das entsprechende bei der Anteflexion im Mittel 9,6 mm. Die Cloward-Gruppe zeigte dagegen keinen Unterschied zwischen Lordose- und Kyphosestrecke (Tab. 2).

	Kyphose $k - \bar{x}$ (mm)	Lordose $l - \bar{x}$ (mm)	Alter (Jahre)
jugendl. Gruppe N-26	9,6	16,5	10 - 30
ältere Gruppe N-33	7,6	13,9	31 - 64
Cloward-Pat. N-38	7,4	7,7	34 - 66

Tab. 2: Anteil der Anteflexion und Retroflexion an der Bewegung der HWS in der Sagittalebene. Vergleich der Mittelwerte der Strecken -k- und -l-.

Bei der altersabhängigen Abnahme der Gesamtbeweglichkeit war eine proportionale Einschränkung beider Bewegungsanteile festzustellen. Die operierten Patienten ließen im Vergleich zur älteren Gruppe nur eine weitere Abnahme der Retroflexion der HWS erkennen. Das die Lordose kennzeichnende Lot -l- war auf 7,7 mm reduziert, während die Kyphosestrecke -k- mit 7,4 mm sich nicht von der Kontrollgruppe unterschied (Abb. 5).

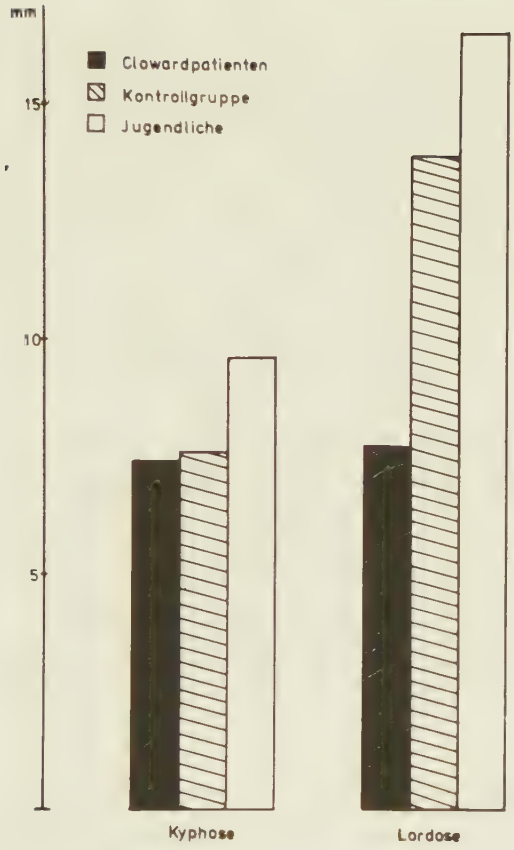


Abb. 5: Abnahme der Retroflexion durch die Fusionsoperation nach CLOWARD

Zur weiteren Abklärung dieser Frage wurden die beiden Kontrollgruppen altersunabhängig nach röntgenologischen Nachweis einer Osteochondrose aufgeteilt.
Es ergab sich, daß 34 Personen eine unauffällige und 25 eine osteochondrotisch veränderte HWS hatten.
Trägt man diese Kontrollgruppen zusammen mit den Cloward-Patienten auf einer Skala, gestuft nach der Bewegungsmöglichkeit - Winkel I-II^{o} - auf und gliedert die Gesamtbewegung in den Anteil der Ante- und Retroflexion, so ergibt sich, daß in dem untersten Teil der Skala, bis 23^{o}, fast ausschließlich Cloward-Patienten zu finden sind.
Während bei Personen mit Osteochondrose die Bewegungsanteile sich gleichmäßig verminderten, zeigten die operierten Patienten einen deutlich eingeschränkten Lordoseanteil; der Kyphoseanteil erreichte in einigen Fällen sogar größere Werte als bei den Kontrollpersonen mit röntgenologisch unauffälliger HWS (Abb. 6).

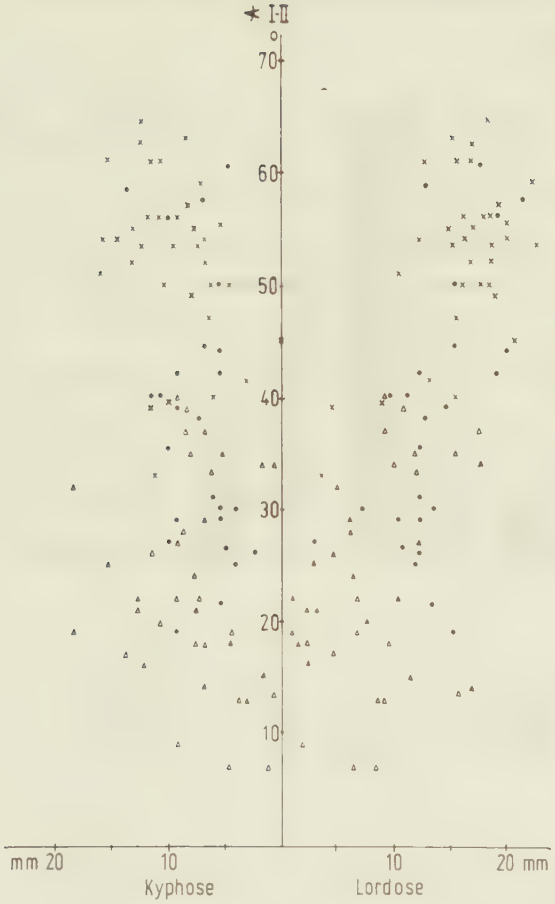


Abb. 6: Beziehung der Bewegungsanteile -k- und -l- zur Gesamtbewegung (Winkel I-II°) bei Cloward-Patienten △ , Personen mit Osteochondrose der HWS ● und Personen mit röntgenologisch unauffälliger HWS ╳

4) Lage des Bewegungsmaximums bei Ante- und Retroflexion

Bei den jugendlichen und älteren Kontrollpersonen lag der Scheitelpunkt des Bogens der Wirbelkörper bei Rückwärtsneigung immer in der Höhe des 5. bzw. 4. Halswirbelkörpers (HWK), wobei sich bei der älteren Kontrollgruppe eine Tendenz der Verlagerung des Scheitelpunktes nach cranial ergab. Nach der Fusionsoperation fand sich ebenfalls meist der Scheitel des Lordosebogens bei Retroflexion in Höhe des 4. HWK, bei einigen Patienten aber auch in Höhe des 2. bzw. 3. HWK (Abb. 7).

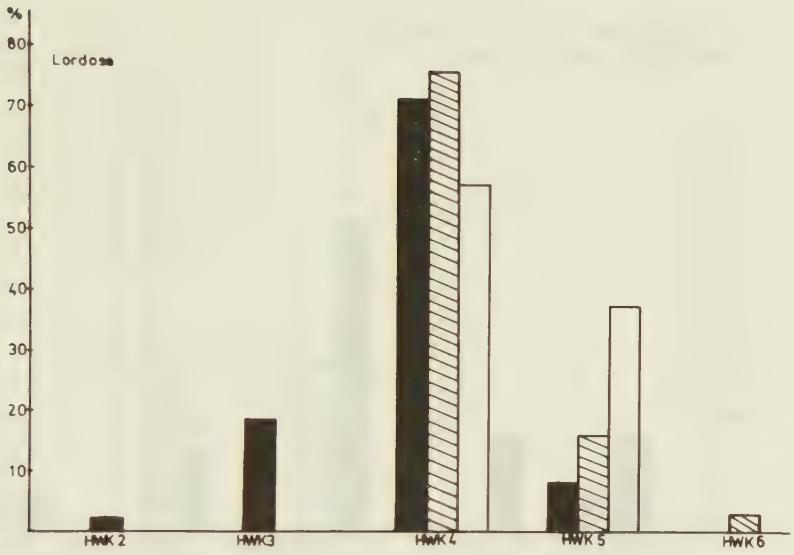


Abb. 7: Scheitel des Lordosebogens bei Retroflexion der HWS bei 38 Cloward-Patienten ■ , im Vergleich zur älteren ▨ und jüngeren Kontrollgruppe □ .

Der Scheitelpunkt des Kyphosebogens bei der Anteflexion lag bei den Kontrollgruppen ebenfalls im unteren Anteil der HWS. Nach der Fusionsoperation verschob sich der Scheitelpunkt deutlich nach cranial (Abb. 8).

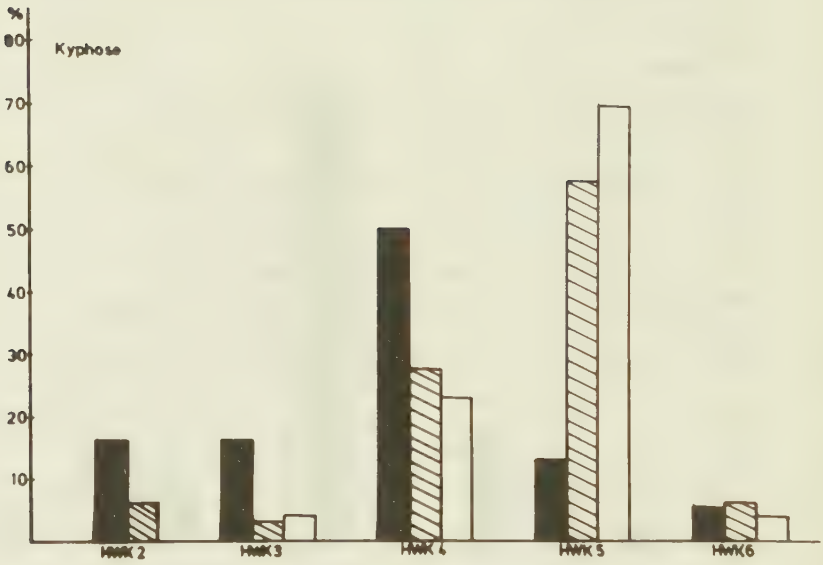


Abb. 8: Scheitel des Kyphosebogens der Cloward-Patienten und Kontrollgruppen bei Anteflexion der HWS.

In der Tabelle 4 wurden die Patienten im Hinblick auf das Bewegungsmaximum aufgeteilt und der Anteil der Anteflexion -k- und Retroflexion -l- jedesmal aufgeführt.

	HWK	Kyphosescheitel		Lordosescheitel	
		% von N-Pat.	k-x̄ (mm)	% von N-Pat.	l-x̄ (mm)
jugendl. Gruppe N - 26	2	–	–	–	–
	3	4	10,0	–	–
	4	23	10,4	58	16,8
	5	69	9,1	42	16,0
	6	4	4,6	–	–
ältere Gruppe N - 33	2	6	3,7	–	–
	3	3	6,0	–	–
	4	27	8,0	76	14,0
	5	58	7,5	21	13,1
	6	6	5,0	3	10,0
Cloward-Pat. N - 36	2	16	4,3	2	6,1
	3	16	6,3	18	4,4
	4	50	8,9	72	9,4
	5	13	6,4	8	6,1
	6	5	6,7	–	–

Tab. 4: Scheitel des Lordose- und Kyphosebogens der HWS bei Maximalbewegung in der Sagittalebene und Mittelwert der zugehörigen Lote -l- und -k- auf die Bogensehne zwischen 7. HWK und Densspitze.

5) Einfluß der Lokalisation bzw. Anzahl der fusionierten Segmente auf die Gesamtbewegung

Zur Überprüfung, ob eine Abhängigkeit der Gesamtbewegung von der Zahl oder Höhe der fusionierten Segmente besteht, wurden die Patienten nach diesen Gesichtspunkten eingeteilt.

Bei 22 Patienten wurden 2 Wirbelkörper, bei 13 3 Wirbelkörper und bei 3 Patienten 4 Wirbelkörper nach CLOWARD fusioniert. Letztere Patientengruppe zeigte eine mittlere Gesamtbeweglichkeit von 12^{o}. Die geringste Bewegung zeigte ein 3 Etagen operierter Patient mit 7^{o}, die größte Beweglichkeit in dieser Gruppe lag bei 19^{o} (Tab. 5).

Fusion	Pat.-N	Winkel I-II (o) Mittelwert	Streubreite
1 Segment	22	26	7 - 40
2 Segmente	13	20	13 - 37
3 Segmente	3	12	7 - 19
C_{45}	2	–	18 - 38
C_{56}	9	27	13 - 40
C_{67}	11	27	7 - 37
C_{456}	5	19	13,5- 29
C_{567}	7	20	13 - 32
$C_{45} + C_{67}$	1	–	– - 37
C_{4567}	2	–	9 - 19
$C_{567}\,Th_1$	1	–	7 - –

Tab. 5: Einfluß der Lokalisation und Zahl der fusionierten Segmente auf die Gesamtbewegung der HWS - Winkel I-II^{o}

Wurden jeweils die Patienten mit gleicher Höhe und Anzahl der fusionierten Segmente in Gruppen zusammengefaßt und die Mittelwerte der Gesamtbewegung (Tab. 5) verglichen, so stellte man fest, daß es in der unteren HWS keine Rolle spielt, in welcher Höhe das geblockte Segment lag. S_5 und S_6 zeigten den gleichen Mittelwert (Abb. 9).

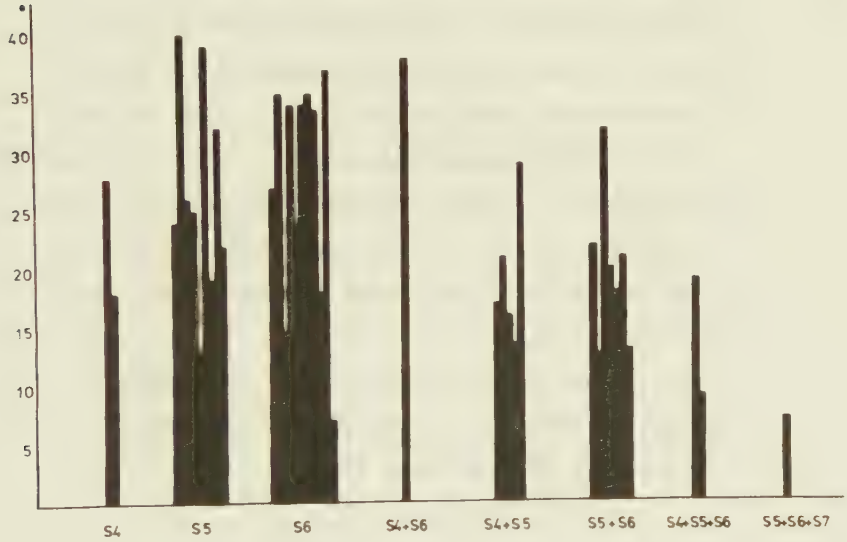


Abb. 9: Gesamtbewegung der HWS in der Sagittalebene von 38 Cloward-Patienten, eingeteilt nach Höhe und Anzahl der fusionierten Segmente Reihenfolge der Patienten in den einzelnen Gruppen nach Alter.

6) Untersuchung über das Ausmaß der Bewegung in den einzelnen Bewegungssegmenten der HWS

Um den Einfluß der Operation auf die Bewegung in den einzelnen Segmenten zu untersuchen, wurden die Winkel der einzelnen Segmente verglichen. Bei den jugendlichen Kontrollpersonen lag der größte Bewegungsausschlag mit durchschnittlich 19,6° im Segment 5, d.h. zwischen HWK 5 und 6. In den beiden benachbarten Segmenten lag der Bewegungsausschlag mit 16,6° bzw. 17,1° in etwa gleich hoch. Hingegen kam es bei der älteren Kontrollgruppe zu einer Abnahme der Bewegung in allen Segmenten. Besonders betroffen waren die unteren Anteile der HWS. Die größte Bewegungsmöglichkeit bestand im Segment 4.
Bei den operierten Patienten lag der größte Bewegungseffekt wie bei der jugendlichen Kontrollgruppe bei HWK 5/6 (Abb. 10).

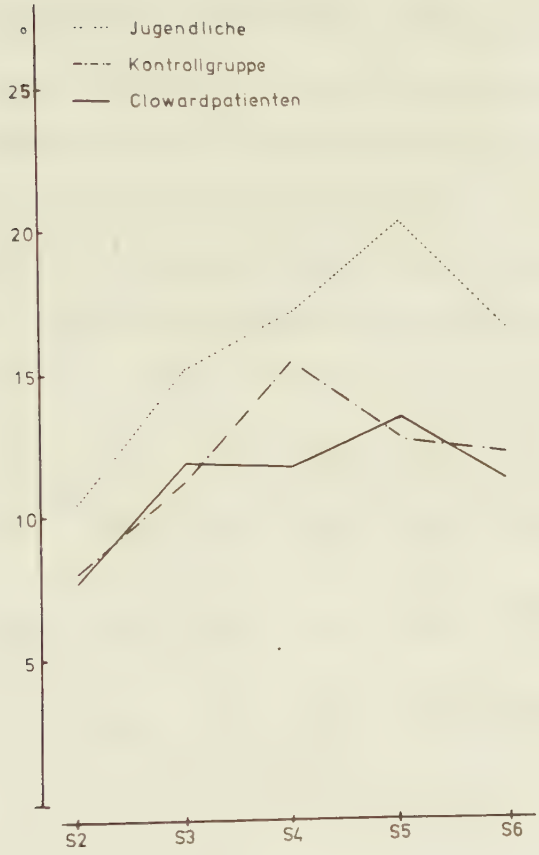


Abb. 10: Maximalbewegung der Segmente der HWS in der Sagittalebene. Vergleich der Mittelwerte von 38 Cloward-Patienten mit einer jüngeren und älteren Kontrollgruppe.

In diesem Bewegungssegment konnten bei den operierten Patienten aber nur 14 Werte ermittelt werden, weil von den 38 Patienten 24 mal eine Fusion in diesem Segment durchgeführt worden war. Auffällig war in der Gruppe, daß der Bewegungseffekt bei HWK 3/4, mit im Mittel 11,9°, annähernd gleich hoch war, wie in den niederen Halswirbelsegmenten. Von der altersmäßig vergleichbaren Gruppe unterschieden sich die operierten Patienten nur im 4. Bewegungssegment (Tab. 6).

	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	$\bar{x}$ (o)
jugendl. Gruppe N = 26	10,4	15,1	17,1	19,6	16.6	
ältere Gruppe N = 33	8,0	11,2	15,4	12,7	12,2	
Cloward-Patienten N = 38	7,6 (38)	11,9 (38)	11,7 (28)	13,5 (14)	11,2 (16)	

Tab. 6: Mittelwerte der Bewegung in den einzelnen Segmenten der HWS.

7) Maximalbewegung und degenerative Veränderungen in den der Fusion benachbarten Segmenten

Um zu überprüfen, ob eine besonders starke Beweglichkeit in den der Fusion benachbarten Bewegungssegmenten auftritt, wurden diese Einzelwerte -55- in das Diagramm der älteren Kontrollgruppe eingetragen. Es zeigten sich nur in zwei Fällen in einem der Fusion benachbarten Bewegungssegment Werte über der Streubreite der Kontrollgruppe. Häufiger fand sich dagegen eine Bewegungseinschränkung in den benachbarten Segmenten (Abb. 11).

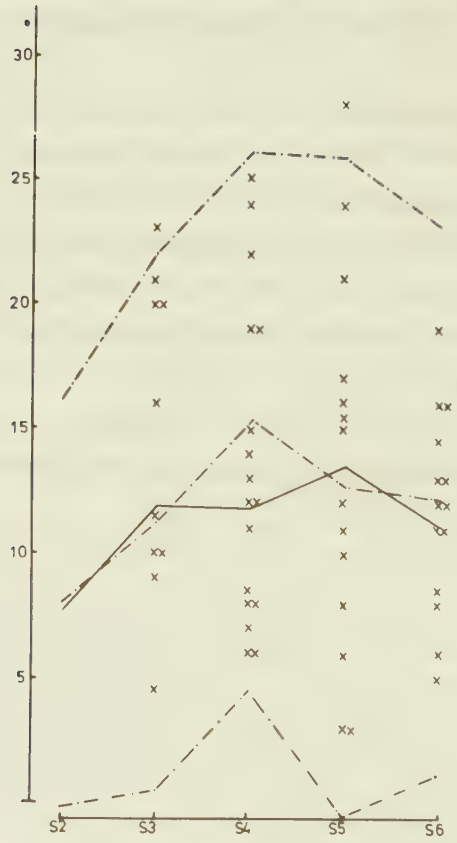


Abb. 11: Maximale Bewegung in den Nachbarsegmenten der fusionierten Wirbel. Einzelwerte gegenüber Mittelwert und 2s-Bereich der älteren Kontrollgruppe.

Wurde für jeden Patienten der Winkelwert des Segmentes mit der größten Bewegung eingetragen, so zeigte sich eine Häufung im 3. Segment. 26 mal lag die größte Bewegung im Nachbarsegment, 12 mal in einem höher gelegenen Segment (Abb. 12).

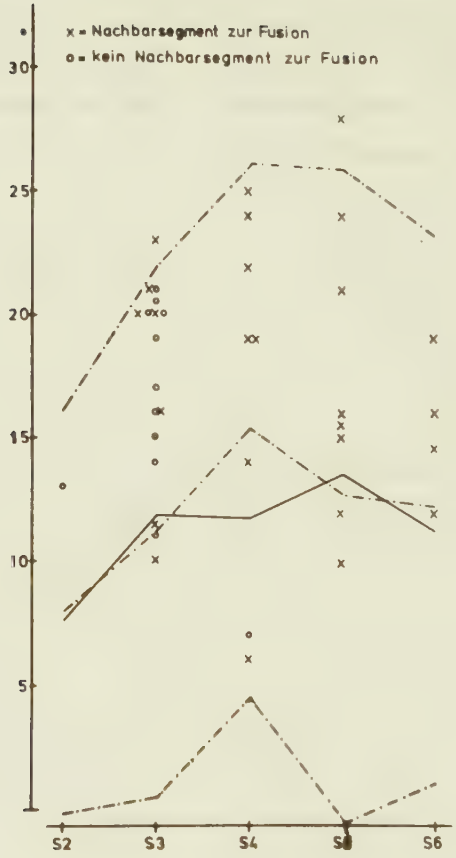


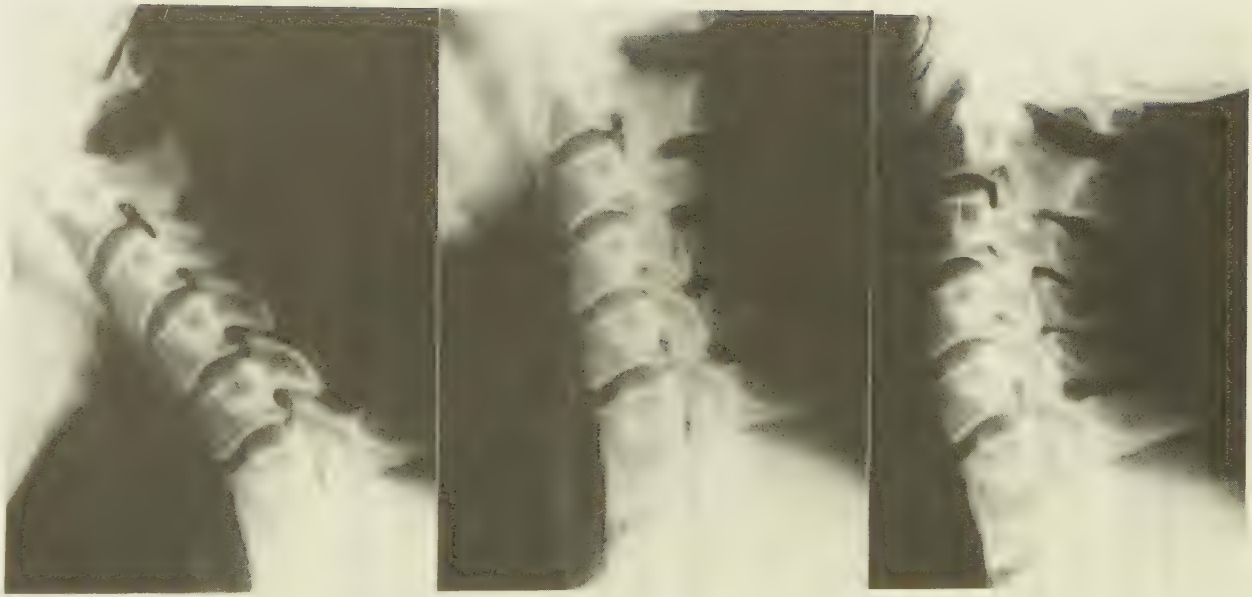
Abb. 12: Segmente mit der größten Beweglichkeit. Einzelwerte gegenüber Mittelwert und 2s-Bereich der älteren Kontrollgruppe.

Vereinzelt führte die Fusionsoperation zu einer fast vollständigen Immobilisation in den Nachbarsegmenten. Nur ein stärkeres Gleiten der oberen Wirbel mit Kantenverschiebung nach ventral und dorsal in den Endstellungen der Sagittalbewegungen konnte noch beobachtet werden.

Beispiel 1 (S.32):
Pat. H.H.J., m., 39 J.; Fusionsoperation HWK 6/7
Fast vollständige Immobilisation in den Nachbarsegmenten. Beachte die starke Einschränkung der Retroflexion (Operation vor 48 Monaten).

Eine Zunahme der degenerativen Veränderungen in den Nachbarsegmenten des fusionierten Wirbelblocks trat bei 10 Patienten auf. Es waren meist ventrale Exostosen zu finden, die in 3 Fällen zu einer Spangenbildung führten.

Beispiel 2 (S.33):
Pat. S.F., m., 48 J.; Zunehmend ventrale Spangenbildung in dem oberen Nachbarsegment nach Fusionsoperation HWK 6/7.



Anteflexion Ruhehaltung Retroflexion

Beispiel 1: H.H.J. (Text siehe Seite 31)

Beispiel 2: S.F. (Text siehe Seite 31)

D. DISKUSSION

Die Angaben in der Literatur über die Gesamtbeweglichkeit der Halswirbelsäule in der Sagittalebene sind, entsprechend den unterschiedlich angewandten Meßmethoden, nicht einheitlich. Am besten lassen sich die Untersuchungsergebnisse der Autoren vergleichen, die die Bewegung in den einzelnen Segmenten getrennt messen und zu einer Gesamtbewegung der HWS addieren.
BUGYI (1960) verglich die von uns verwendete Meßmethode mit den gebräuchlichsten Meßtechniken und stellte eine gute Übereinstimmung fest. Vergleichen wir unsere jugendliche Kontrollgruppe und berücksichtigen den Umrechnungsfaktor nach BUGYI, so kommen wir auf eine gleichartige Bewegung wie BUETTI-BÄUML (1954). Auch bezüglich der Meßwerte der einzelnen Bewegungssegmente stimmen unsere Ergebnisse mit der Gruppe von BAKKE (1931) ebenso wie nach Umrechnung mit der von BUETTI-BÄUML gut überein. ZEITLER und MARKUSKE haben 1962 gezeigt, daß die Gesamtbewegung von 123^{o} bei Kindern auf 102^{o} bei Jugendlichen abnimmt, ohne daß röntgenologische Veränderungen der HWS im Sinne eines degenerativen Umbaues nachweisbar sind (Tab. 7).

Tab. 7:

Autoren	Pat. N	Winkelsumme $S_2 - S_6$ $\bar{x}$ (o)	Alter
Zeitler u. Markuske (1962)	48	123	11-14
		102	15-18
de Sèze et al. (1951)	11	93	15-55
Buetti-Bäuml (1954)	30	90	20-30
		85	31-40
Lindenbraten u. Pudova (1969)	300		45-85
1. starke Lordose		83	
2. mäßige Lordose		65	
3. gestreckte Haltung		60	
Penning (1961)	--	87,5	--
Bugyi (1960)	50		--
a) nach Bakke		83	
b) nach Buetti-Bäuml		91	
Eigene Untersuchung (n. Bakke)			
jugendl. Gruppe	26	79	20-30
ältere Gruppe	33	60	31-64

LINDENBRATEN und PUDOVA (1969) haben ebenso wie ALBERS (1954) eine Abhängigkeit der Gesamtbewegung von dem Typ der Ruhehaltung der HWS festgestellt mit jeweils größter Beweglichkeit der HWS bei den Personen, die in Ruhe eine stärkere Lordose aufweisen. ALBERS hat die Bewegung der HWS mit dem Winkel bestimmt, der sich durch Verbindung der Hinterkante des 7. HWK mit der Hinterkante des 2. HWK ergibt und die Vorwärts- bzw.

Rückwärtsneigung zu einer Gesamtbewegung addiert.
Wir haben neben der Bestimmung der Bewegung in den Einzelsegmenten die von ADAMS und LOGUE (1971/I) beschriebene Meßtechnik verwendet, da diese Autoren Patienten, die nach der Cloward-Technik operiert waren, untersuchten. Außerdem gestattet ihre Methode eine Beurteilung des Anteiles der Ante- bzw. Retroflexion an der Gesamtbewegung, unabhängig von der Ruhehaltung, die einer Steilhaltung der HWS entsprechen würde.
Das Ausmaß des Bewegungsanteils bei Retroflexion ist wesentlich größer als Anteflexion der HWS. (ZAUNBAUER 1974). BAKKE (1931) findet für die Rückwärtsneigung einen Winkel von 70°, für die Vorwärtsneigung von 32°. ALBERS sowie LINDENBRATEN und PUDOVA kommen zu einem deutlich größeren Anteil der Retroflexion gegenüber der Anteflexion an der Gesamtbewegung der HWS, auch bei Patienten mit Steilhaltung in Ruhelage.
Bei Rückwärtsneigung beschreibt die Wirbelsäule einen offenen Bogen mit einem Scheitelmaximum in Höhe des 5. HWK, bei Vorwärtsneigung entsteht ein flacher Bogen mit einem Scheitel zwischen dem 4. und 5. HWK (ZAUNBAUER 1974). Die starke Beanspruchung der unteren HWS erklärt die bevorzugte Lokalisation degenerativer Veränderungen im unteren Abschnitt der HWS und gleich-

zeitig die zunehmende Einschränkung der Beweglichkeit der HWS mit Zunahme der degenerativen Veränderungen im Alter.

Bei unseren Kontrollpatienten ist die die Lordose kennzeichnende Strecke -l- bei maximaler Extention mit 16,5 mm wesentlich größer als die die Kyphose kennzeichnende Strecke -k- mit 9,6 mm. Das Verhältnis dieser beiden Bewegungsanteile bleibt bei der älteren Kontrollgruppe trotz zunehmender Einschränkung der Gesamtbewegung der HWS gleich.

Die Fusionierung von Bewegungssegmenten im unteren Abschnitt der HWS führt zu einer wesentlich stärkeren Einschränkung der Gesamtbewegung. Die Winkelsumme $S_2 - S_6^{\circ}$ beträgt nach der Operation im Durchschnitt $37,6^{\circ}$ gegenüber $59,7^{\circ}$ bei der altersentsprechenden Kontrollgruppe.

Besonders wichtig erscheint die Tatsache, daß nach der Fusionsoperation nach CLOWARD die Patienten eine überwiegende Einschränkung der Retroflexion zeigen, während die Anteflexion durch die Fusionierung von einem oder mehreren Bewegungssegmenten kaum beeinträchtigt wird. Das mag damit zusammenhängen, daß der größte Anteil der Bewegung bei Retroflexion in den unteren Segmenten der HWS liegt, während bei Anteflexion der größere Bewegungsanteil in den mittleren Segmenten der HWS zu finden ist.

Während bei einigen Autoren die Anteflexion mit Anspannung des Rückenmarks und Anpressen desselben an die Exostosen der Wirbelkörper als pathomechanisches Moment im Vordergrund steht (O'CONNEL 1956, REID 1960, WILKINSON 1960), sehen andere Autoren die Einengung des Querschnitts des Spinalkanals bei der Retroflexion als entscheidend an (TAYLOR 1953, STOLTMAN et al. 1964, WALTZ 1967, PENNING 1966).

ADAMS et al. (1971/III) haben bei 26 Patienten mit zervikaler Myelopathie einen signifikant besseren Operationserfolg bei der Gruppe gesehen, die nach der Operation eine Gesamtbewegung der HWS unter 40° aufwies. 23 Patienten waren laminektomiert worden, 3 Patienten waren nach der Cloward-Operationstechnik behandelt worden.

Bei unseren 38 Patienten war nur bei einem Patienten nach der Operation eine Gesamtbewegung von 40° vorhanden, bei Fusion in Höhe HWK 5/6. Alle anderen Patienten hatten eine Einschränkung der Gesamtbewegung auf unter 40°, wobei erwartungsgemäß die Patienten mit Fusionierung in 2 oder 3 Segmenten eine stärkere Einschränkung aufwiesen als diejenigen, die nur in einem Segment fusioniert waren.

In zahlreichen vergleichenden Studien wurde in den letzten Jahren die Überlegenheit des ventralen Zugangs mit Fusionierung der Wirbelkörper gegenüber der Laminektomie in der Behandlung der zervikalen Myelo-

pathie hervorgehoben (GUIDETTI 1969, VERBIEST 1970, CONZALES-FERIA 1975, GREGORIUS et al. 1976).
Von einigen Autoren wird bei den Patienten mit schlechtem Operationsergebnis nach Laminektomie die beobachtete stärkere Kyphosierung der HWS als Ursache angesehen (ABOULKER 1965, VERBIEST 1970). CONZALES-FERIA sehen in der nach Laminektomie häufig beobachteten größeren Beweglichkeit der HWS die Ursache für das oft ungünstige Spätergebnis und schlagen deshalb eine Fixierungsoperation nach Laminektomie vor, um die Bewegung maximal einzuschränken.
Während der Einfluß der Fusionsoperation nach CLOWARD auf die Gesamtbewegung der HWS bisher wenig beachtet wurde, sind alle Autoren der Auffassung, daß die Immobilisation in dem fusionierten Segment neben der Dekomprimierung durch Entfernung der in den Spinalkanal hineinragenden Exostosen entscheidend für das Operationsergebnis ist.
JIROUT (1966) beschreibt bei einem funktionellen Block in einem Bewegungssegment der HWS oder auch bei angeborener Blockwirbelbildung eine "kompensatorische Hypermobilität" in den darüberliegenden Segmenten der HWS. WOESNER et al. (1972) fanden bei 17 Patienten, die in einem oder mehreren Segmenten der HWS nach der Cloward-Technik immobilisiert worden waren, in den Nachbarsegmenten siebenmal eine abnorme Beweglichkeit.

Es handelt sich hierbei um eine Verschiebung bzw. Verkantung des jeweils benachbarten Wirbels gegenüber dem fusionierten Segment.
VERBIEST (1970) zeigte 6 Jahre nach der Cloward-Operation in den Nachbarsegmenten des fusionierten Anteils der HWS eine verstärkte Ostecochondrose.
ADAMS et al. (1971/III) sahen die Ausbildung von ventralen Osteophyten nach der Operation und führten sie auf ein verstärktes Wirbelgleiten zurück.
Nur bei einem Patienten lag im Nachbarsegment der Fusion ein sicher pathologischer Bewegungseffekt mit 24^{o} vor. Dieser Wert lag deutlich außerhalb des 2s-Bereichs der Kontrollgruppe. Wir fanden dagegen wesentlich häufiger Hinweise auf eine pathologische Mobilisation in dem Sinne der Verschiebung des oberen Wirbelkörpers gegen den unteren in den Nachbarsegmenten der Fusion mit einer folgenden stärkeren Osteochondrose. Vereinzelt hatten die degenerativen Veränderungen zu einer weitgehenden Immobilisation im Nachbarsegment der Operation geführt. Diese Tendenz dürfte zusätzlich zu der Einschränkung der Gesamtbeweglichkeit der HWS beitragen. Die Veränderungen konnten schon 6 Monate nach der Fusionsoperation entdeckt werden. Kürzere Beobachtungszeiträume wurden für diese Studie nicht verwendet. Eine sichere zahlenmäßige Erfassung war nicht möglich, da nur in wenigen

Fällen präoperative Funktionsaufnahmen zum Vergleich vorlagen.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 38 mit der Technik von CLOWARD operierten Patienten wurde eine erhebliche Einschränkung der Gesamtbeweglichkeit der HWS in der Sagittalebene festgestellt.
Die Einschränkung betraf im wesentlichen die Retroflexion, während die Anteflexion gegenüber der Kontrollgruppe keinen signifikanten Unterschied zeigte. Die Fusionierung in zwei oder mehr Segmenten führte zu einer stärkeren Einschränkung der Gesamtbewegung als die Fusionierung eines Segmentes.
In den Nachbarsegmenten der Fusion wurde eine verstärkte Zunahme degenerativer-osteochondrotischer Veränderungen beobachtet, die zum Teil zu einer zusätzlichen Immobilisation dieser Nachbarsegmente führte. Während die lokale Immobilisation sicher entscheidend ist für die Schmerzbeseitigung und Besserung der radikulären Störungen, dürfte die Einschränkung der Gesamtbewegung, insbesondere die der Retroflexion, entscheidend sein für die Überlegenheit der Operationstechnik nach CLOWARD gegenüber der Laminektomie in der Behandlung der zervikalen Myelopathie.

F. LITERATURVERZEICHNIS

ABOULKER J., METZGER J., DAVID M., ENGEL PH. et BALLIVET J.:

Les myelopathies cervicales d'origine rachidienne Neuro-Chirurgie 11: 89 (1965)

ADAMS C.B.T. and LOGUE V.:

Studies in cervical spondylotic myelopathy. I. Movement of cervical roots, dura and cord, and their relation to the course of the extrathecal roots.
Brain 94: 557 (1971)

ADAMS C.B.T. and LOGUE V.:

Studies in cervical spondylotic myelopathy. III. Some functional effects of operations for cervical spondylotic myelopathy.
Brain 94: 587 (1971)

ALBERS D.:

Eine Studie über die Funktion der Halswirbelsäule bei dorsaler und ventraler Flexion.
Röfo 81,2: 605 (1954)

BAKKE S. N.:

Röntgenologische Beobachtungen über die Beweglichkeit der Wirbelsäule.
Acta radiol. (Stockholm)
Suppl.12: 1- (1931)

BREIG A., TURNBULL J., HASSLER O.:

Effects of mechanical stresses on the cervical spondylosis.
J.Neurosurg. 25: 45 (1966)

BUETTI-BÄUML C.:

Die funktionelle Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule.
Thieme-Verlag Stuttgart (1954)

BUGYI B.:

Untersuchungen zum Vergleich der röntgenologischen funktionellen HWS-Methoden.
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 15: 137 (1960).
Hippokrates-Verlag Stuttgart

CLOWARD R.B.:

The anterior approach for removal of ruptured cervical disks.
J. Neurosurg. 15: 602 (1958)

O'CONNELL J.E.A.:

Cervical spondylosis.
Proc.R.Soc.Med. 49: 202 (1956)

EICKHOFF U., VOIGT K.:

Funktionsdiagnostik der chronischen, cervikalen vertebragenen Myelopathie.
Röfo. 119: 230 (1973)

GONZALES-FERIA L., PERAITA-PERAITA P.:

Cervical spondylotic myelopathy: a cooperative study.
Clin.Neurol.Neurosurg. 78: 19 (1975)

GONZALES-FERIA L.:

The effect of surgical immobilization after laminectomy in the treatment of advanced cases of cervical spondylotic myelopathy.
Acta Neurochir. 31: 185 (1975)

GREGORIUS F.K., ESTRIN TH., CRANDALL P.H.:

Cervical spondylotic radiculopathy and myelopathy. A long-term follow-up study. Arch. Neurol. 33: 618 (1976)

GUIDETTI B., FORTUNA A.:

Long-term results of surgical treatment of myelopathy due to cervical spondylosis. J. Neurosurg. 30: 714 (1969)

JIROUT J.:

in Neuroradiologie S. 762 ff.
VEB Verlag Volk und Gesundheit.
Berlin 1966

JONES M.D.:

Cineroentgenographic studies of patients with cervical spine fusion.
American Journal Roentgenology.
Rad. Therapy and Nuclear Medicine
87: 1054 (1962)

KUHLENDAHL H.:

Pathogenese der sogenannten zervikalen Myelopathie.
Münch. med. Wschr. 111: 1137 (1969)

LENSHOEK C.:

Colonne cervicale et neurochirurgie. Considération radiologique.
Acta.cir.belg. 60: 595 (1961)

LINDENBRATEN L.D., PUDOVA H.B.:

Die Bewegungsfunktion des zervikalen Wirbelsäulenabschnittes in den verschiedenen Altersperioden.
Rad.diagn. 10,6: 661 (1969)

PENNING L.:

Some aspects of plain radiography of the cervical spine in chronic myelopathy.
Neurology (Minneap.) 12: 513 (1962)

PENNING L., VAN DER ZWAAG P.:

Biomechanical aspects of spondylotic myelopathy.
Acta radiol. (Stockholm) 5: 1090 (1966)

REID J.D.:

Effects of flexion-extension movements of the head and spine upon the spinal cord and nerve roots.
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 23: 214 (1960)

DE SEZE S., DIJAN A., ABDELMOULA M.:

Etude radiologique de la dynamique cervicale dans le plan sagittale. (Une contribution radiophysiologique à l'étude pathologique des arthroses cervicales)
Rev.Rhum. 18: 111 (1951)

SYMON L., LAVENDER P.:

The surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy.
Neurolgy 17: 117 (1967)

STOLTMANN H.F., BLACKWOOD W.:

The role of the ligamenta flava in the pathogenesis of myelopathy in cervical spondylosis.
Brain 87: 45 (1964)

TAYLOR A.R.:

Mechanism and treatment of spinal-cord disorders associated with cervical spondylosis.
Lancet 1: 717 (1953)

VERBIEST H.:

La chirurgie antérieure et latérale du rachis cervical.
Neuro-Chirurgie 16 Suppl.: 3 (1970)

WALTZ TH.A.:

Physical factors in the production of the myelopathy of cervical spondylosis.
Brain 90: 395 (1967)

WILKINSON M.:

The morbid anatomy of cervical spondylosis and myelopathy.
Brain 83: 589 (1960)

WOESNER M.E., MITTS M.G.:

The evaluation of cervical spine motion below C_2: a comparison of cineroentgenographic and conventional roentgenographic methods.
Amer.J.Röntgenology 115: 148 (1972)

ZAUNBAUER W.:

Die Bewegungsmöglichkeiten der Halswirbelsäule.
Handbuch der med. Radiologie
Hg. L. Diethelm.
Vol VI, 1: Röntgendiagnostik der Wirbelsäule.
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1974)

ZEITLER E., MARKUSKE H.:

Röntgenologische Bewegungsanalysen der HWS bei gesunden Kindern und Jugendlichen. Röfo 96, 1: 87 (1962)

L e b e n s l a u f

Am 2. März 1953 wurde ich in Memmelsdorf/Ofr. als Sohn des Ehepaares Martin Karmann und Frau Barbara, geb. Löhrlein, geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Volksschule in Memmelsdorf/Ofr. und im Anschluß daran das Franz-Ludwig-Gymnasium in Bamberg. Dort legte ich im Juni 1972 die Reifeprüfung ab.

Im Herbst 1972 begann ich an der Universität Würzburg das Studium der Medizin.

Mein medizinisches Staatsexamen beendete ich im Mai 1979.

Erhard Karmann

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80